云 南 植 物 研 究 8(3): 399—304, 1986
Acta Botanica Yunnanica

滇西北亚高山针叶林带的外生菌根调查

陈可可 宣宇

(中国科学院昆明植物研究所)

摘要 本文报道了滇西北亚高山针叶林带的外生菌根调查工作。对一些亚高山针叶树种的外生菌根及其形态学和解剖学等方面进行了比较。调查结果表明，该地主要树种如长苞冷杉（*Abies georgei* Orr.）、丽江云杉（*Picea likiangensis* Pritz.）、高山松（*Pinus densata* Mast.）、垂枝云杉（*Picea brachytyla* (Fr.) Pritz.）以及少数大果红杉（*Larix potaninii* Batal.）与担子菌类真菌形成外生菌根。长苞冷杉根系所形成的菌根形态多为棍棒型；丽江云杉的菌根形态多为单轴式分枝型；高山松的菌根形态都是二叉状分枝型。

关键词 外生菌根；亚高山针叶林

横断山区地处青藏高原向云贵高原和四川盆地的过渡地带，北纬从32°的德格，壤塘，刷经寺起，南达北纬26°附近的大理，渡口一线[1]。云南省的重要林业生产区都分布在横断山区的丽江、中甸一带。由于亚高山针叶林带的外生菌根调查研究报道很少，著者于1984年8月下旬对滇西北的丽江、中甸一带在海拔三千米以上的高山暗针叶林带的外生菌根进行了调查。

一、与云杉、冷杉和高山松形成外生菌根的真菌种类

根据对菌根菌子实体基部菌索追踪和其在三种树种下出现的频率，初步确定了云杉、冷杉和高山松林分下外生菌根真菌的种类。

长苞冷杉的外生菌根真菌有：*Amanita inaurata* Secr., *Amanita spissa* (Fr.) Quēl., *Boletus erythropus* Fr. ex Fr., *Boletus griseus* Frost., *Boletus palverulentus* Opat., *Inocybe fuscodisca* (PK.) Mass., *Leccinum chromapes* (Frost.) Singer., *Strobilomyces alpinus* Zang., *Tylopilus ferrugineus* (Frost.) Singer., *Tylopilus indecisus* (PK.) Murr., *Xerocomus roxanae* (Frost.) Snell.。

丽江云杉的外生菌根真菌有：*Amanita vaginata* (Ball. ex Fr.) Quēl., *Lactarius cyathula* (Fr.) Fr., *Russula adusta* (Pers. ex Fr.) Fr., *Russula olivacea* (Schaeff. ex Secr.) Fr.。

本文于1985年10月8日收到。

承蒙中国林业科学研究院业师郭秀珍先生和本所臧穆先生指导，特此致谢。

高山松的外生菌根真菌有：*Boletus palverulentus* Opat., *Cortinarius armillatus* (Fr.) Fr., *Lactarius rufus* (Scop. ex Fr.) Fr., *Lactarius vellereus* (Fr.) Fr., *Lactarius volemus* (Fr.) Fr., *Rhizopogon rubescens* Tul., *Russula adusta* (Pers. ex Fr.) Fr., *Russula rosacea* (Bull.) S. F. Gray em Fr., *Suillus flavoluteus* (Snell. apud Snell & Dick) Singer., *Suillus placidus* (Bon.) Singer.。

根据野外观察，长苞冷杉林（3600—3900m）下牛肝菌类的菌根真菌较普遍，特别是*Tylopilus indecisus* (PK.) Murr.和*Boletus erythropus* Fr. ex Fr.；丽江云杉林(3300—3500m)下红菇科和毒伞科的菌根真菌较普遍；高山松林（3200—3400m）下菌根真菌种类比较复杂[8]。

二、外生菌根形态学和解剖学观察

我们对三种树种的菌根形态进行了详细的观察，发现长苞冷杉根系所形成的菌根形态多为棍棒型（club-shaped）（图1，1）；丽江云杉的菌根形态多为单轴式分枝型(monopodial)（图1，3）；高山松的菌根形态都是二叉状分枝型（dichotomous）（图1，2）。上述各种菌根形态与A. A. 符拉沙夫[2]，Valdés and Grada-Yautentzi[7]，以及Palm and Stewart[6]所报道的菌根形态基本一致。

现将云杉、冷杉和高山松的几种主要外生菌根的形态学和解剖学特征比较如下：

长苞冷杉和*Xerocomus roxanae*形成的外生菌根呈黑色，棍棒型，菌根外有肉眼可见的黑色菌丝索。菌套厚15—20微米。菌套外围的菌丝深褐色，密集时呈黑色，直径3微米，有隔，有分枝，可看到锁状联合。菌套的外层菌丝交织成毡状纺缍组织(felt prosenchyma)，内层逐渐形成不规则联锁组织(irregular synenchyma)[6]。哈蒂网(hartig net)[5]包围着1—2层皮层细胞，最外一层细胞多呈扁平状(图1，4)。

长苞冷杉和*Inocybe fuscodisca*形成的外生菌根呈浅褐色，棍棒型。菌套厚30—40微米。菌套外围的菌丝直径3微米，有隔，有分枝，未见锁状联合。菌套的外层菌丝疏松交织成垫状。内层逐渐形成较薄的一层不规则联锁组织。哈蒂网包围着3—4层皮层细胞，最外两层细胞微变扁平（图1，5）。

丽江云杉和*Amanita vaginata*形成的外生菌根呈灰白色，表面覆盖着明显的菌丝层，单轴式分枝型。菌套厚20—40微米。菌套外围的菌丝直径2微米，有隔，有分枝，可看到锁状联合。菌套的外层菌丝疏松交织成垫状，内层逐渐形成较薄的一层不规则联锁组织。哈蒂网可达到内皮层的外层细胞，外皮层最外两层细胞稍微有点变扁平（图1，6）。

高山松和*Rhizopogon rubescens*形成的外生菌根呈黑色，二叉状分枝型，常重复分枝形成密集的珊瑚型（coralloid）[6]。菌套厚10—30微米。菌套外围的菌丝直径2微米，有隔，有分枝，可看到锁状联合。菌套的外层菌丝交织成毡状纺缍组织，内层逐渐形成不规则联锁组织。哈蒂网包围着2—3层皮层细胞，最外一层细胞稍微有点变平（图1，7）。

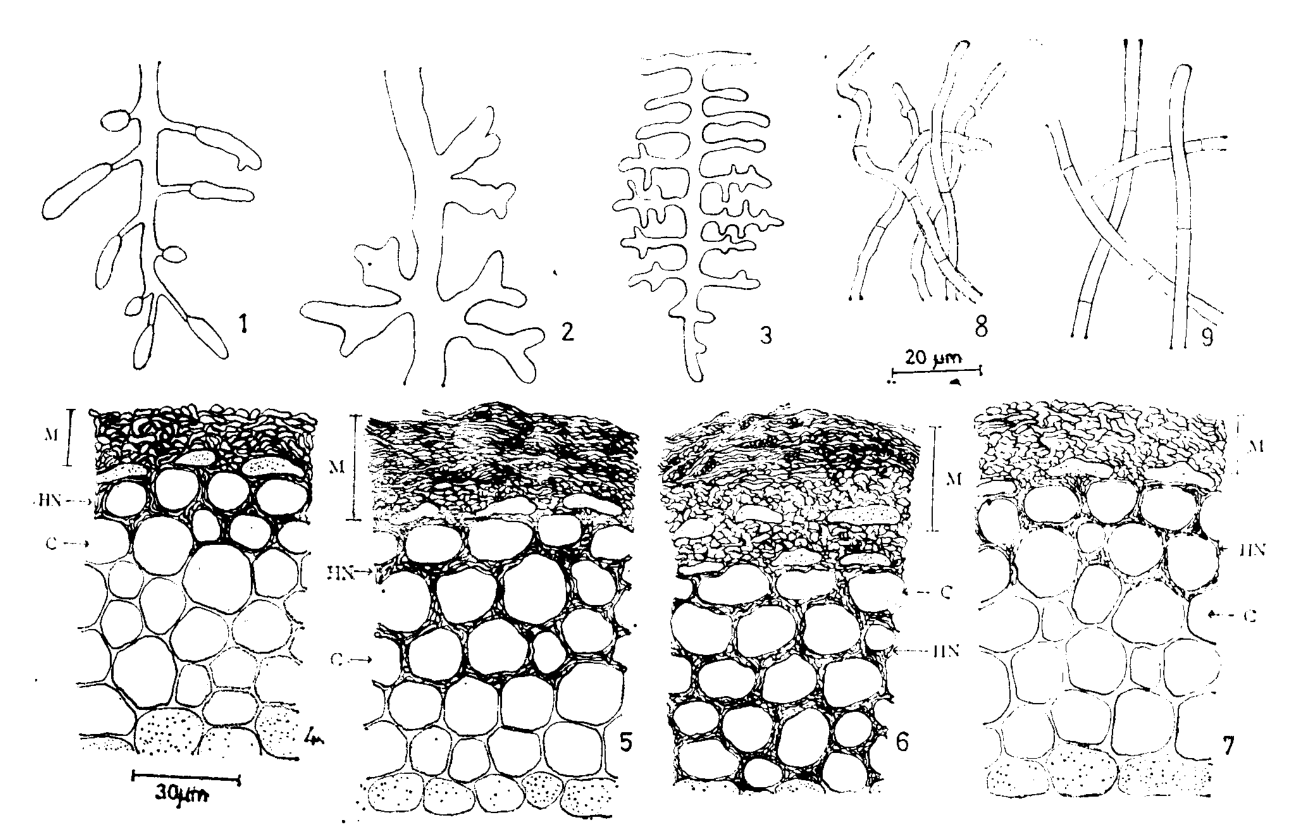


图1. 1. *Abies georgei*的根棒型菌根；2. *Pinus densata*的二叉状分枝型菌根；3.*Picea likiangensis*的单轴式分枝型菌根；4. *Abies georgei* 和 *Xerocomus roxanae*形成的菌根横切面；5. *Abies georgei* 和*Inocybc fuscodisca*形成的菌根横切面；6. *Picea likiangensis* 和 *Amanita vaginata* 形成的菌根横切面；7. *Pinus densata*和*Rhizopogon rubescens*形成的菌根横切面；8. 图1、6的菌套外围菌丝；9. 图1、5的菌套外围菌丝。（4、5、6、7比例相同；8、9比例相同。）M-Mantle. HN-Hartig Net. C-Cell.

三、讨　　论

调查结果表明，滇西北亚高山针叶林的外生菌根真菌资源非常丰富。其中，冷杉林下的外生菌根真菌以牛肝菌类占优势；云杉林下的外生菌根真菌似以红菇科和毒伞科占优势；高山松林下的外生菌根真菌类群较复杂。显然外生菌根真菌的分布与相应树种以及海拔高度有密切联系。

我们将各树种的幼苗根系进行了比较，发现凡生长在厚腐殖质层上的长苞冷杉幼苗几乎没有菌根感染；而生长在薄腐殖质层上的丽江云杉苗和高山松苗的菌根却非常丰富。在云杉、冷杉和高山松苗圃中，高山松幼苗普遍都有菌根真菌感染；云杉幼苗菌根真菌感染相对贫乏；而冷杉幼苗菌根真菌感染则极度贫乏。这是否与冷杉育苗困难有关，尚待研究。

一般说，冷杉的自然更新困难。尽管林下幼苗早期量较多，但在1—3年内多趋死亡。根据Bakshi[4]的报道，冷杉幼苗成活率低的原因可能是由于自然林下腐殖质层太厚（25—30厘米），粗腐殖质尤多未分解，冷杉幼苗根系长期被限制在腐殖质层中，根系发育很差，多呈现单枝直根和少数侧根，有的甚至未见侧根，这样就影响了菌根的形

成，再加上粗腐殖质层内的可溶性养份含量很低，因此冷杉幼苗大部份在1—3年易于死亡。当然，冷杉育苗困难的原因很多，例如冷杉幼苗本身的生物学特性，形成菌根的因子以及微气候因子等都可能是影响冷杉幼苗存活的限制因子。为了解决冷杉自然更新的困难，笔者认为通过苗圃育苗进行人工更新是可行的方法。根据Bakshi报道，对苗圃苗木进行菌根菌接种可以使其提前达到移植标准，且具有菌根的苗木移植后对于不良环境具有很强的抵抗力。国外有关苗木菌根化的研究颇多，我国在这方面的研究已渐被重视[3]。特别在海拔三千米以上的亚高山地区这方面是一个空白，此工作今后理应加强。

根据云杉、冷杉和高山松菌根的形态学和解剖学特征，菌根与相应树种有其特有的分化和特定的形态，如冷杉与牛肝菌类形成的菌根形态多为棍棒型；云杉与红菇科和毒伞科真菌形成的菌根形态多为单轴式分枝型；高山松与多种真菌形成的菌根形态多是二叉状分枝型。而菌根色泽、菌套厚度、菌套结构、外围菌丝和菌索特征以及哈蒂网侵入皮层的深度都与共生真菌的种类有关。我们所观察的几种菌根都有一些共性，如菌套外围的菌丝有隔，有分枝，多数可看到锁状联合，菌套的外层菌丝疏松交织，内层逐渐形成不规则联锁组织，最外1—2层皮层细胞稍变扁平。

参 考 文 献

〔1〕 杨勤业，1983：横断山区综合自然区划，《青藏高原研究》，横断山考察专集（一），云南人民出版社，96页。

〔2〕 符拉沙夫，A. A.，1958：论树木菌根的重要性和激发菌根的方法，《植物菌根营养会议论文集》，科学出版社，113—115页。

〔3〕 郭秀珍，谭菲，1981：云南植物研究，3（3）:359—366。

〔4〕 Bakshi, B. K., 1980; The status and future of mycorrhiza research in India. Tropical Mycorrhiza Research. Press Oxford. pp. 102—106.

〔5〕 Harley, J. L. and S. E. Smith, 1983; Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press. pp. 128—131.

〔6〕 Palm, Mary E. and Elwin L. Stewart, 1984; *Mycologia*. 76(4):579—600.

〔7〕 Valdés, M. and R. Grada-Yautentzi. 1980; Mycorrhizal inoculation and the afforestation of the Valley of Mexico City. Tropical Mycorrhiza Research. Press Oxford. pp. 93—95.

〔8〕 Zang Mu, 1983; *Mycological Soc. of America Newsletter*, 34(1):31.

AN INVESTIGATION OF ECTOMYCORRHIZAL FUNGI FROM THE SUBALPINE CONIFEROUS FOREST REGION, N. W. YUNNAN

Chen Keke and Xuan Yu

(Kunming Institute of Botany, Academia Sinica)

Abstract Based on extensive collecting the ectomycorrhizal fungi from the subalpine coniferous forest region, N. W. Yunnan are reported. The ectomycorrhizal fungi relating to the subalpine conifers and their morphological and anatomical characteristics have been compared. The investigation results indicated that the subalpine conifers were mainly associated with Boletaceae, Cortinariaceae, Amanitaceae, Russulaceae and Hymenogastraceae. The ectomycorrhizal fungi associated with *Abies georgei* Orr. belong mostly to Boletaceae, especially *Tylopilus indecisus* (PK.) Murr. and *Boletus erythropus* Fr. ex Fr. The Amanitaceae and Russulaceae seem to constantly form ectotrophic mycorrhizae with *Picea likiangensis* Pritz. The ectomycorrhizal fungi associated with *Pinus densata* Mast. are considerably complex. The ectomycorrhizal forms were classified as following three types. They are club-shaped type, monopodial type, dichotomous type. The ectomycorrhizal forms that *Abies georgei* form with Basidiomycetes are mostly club-shaped type, *Picea likiangensis* are mostly monopodial, *Pinus densata* are always dichotomous. The anatomical observation suggested that the mantle depth, mantle structures, external hyphal characteristics, and the penetration depth of internal hyphae into cortical intercellular related to the different kinds of the symbiotic fungi. In addition, the problem on the fir regeneration have been discussed.

Key words Ectomycorrhizae; Subalpine coniferous forest